

Wärmepumpen-Initiative Niedersachsen

Wärmepumpe und Photovoltaik in Einfamilienhäusern

Wärmepumpen und Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) sind Stand der Technik und erfreuen sich immer größerer Beliebtheit. Beide Technologien nutzen erneuerbare Energien und lassen sich sehr gut miteinander kombinieren. Auf diese Weise steigern sie die Unabhängigkeit von externen Energie-versorgern. Doch welchen Beitrag kann eine PV-Anlage zur direkten Versorgung der Wärmepumpe mit Strom leisten?

Warum Wärmepumpe und Photovoltaik?

Wärmepumpen können Raumwärme und Trinkwarmwasser bereitstellen. Zudem können Wärmepumpen auch Kälte zur Klimatisierung von Räumen erzeugen. Dafür nutzen sie einen thermodynamischen Kreisprozess. In der Wärmepumpe werden große Mengen Umweltwärme nutzbar gemacht, indem ein kleiner Anteil Strom zugeführt wird. Im Sinne des Klimaschutzes und der Energiewende sollte dieser Strom möglichst CO₂-neutral und möglichst lokal gewonnen werden.

Dazu eignen sich PV-Anlagen, die auf dem eigenen Hausdach installiert sind. Sie sind eine weit verbreitete und wirtschaftliche Möglichkeit, erneuerbaren Strom lokal zu gewinnen.

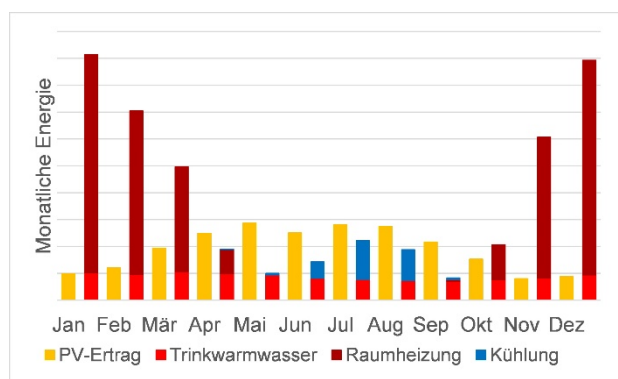


Abbildung 1: Beispielhafte monatliche PV-Erträge und thermische Bedarfe eines modernen Einfamilienhauses

Allerdings liefern PV-Anlagen die höchsten Erträge im Sommer und den Übergangszeiten, in denen der Wärmebedarf der Raumheizung eher gering ist. (s. Abb. 1).

Wie kann PV-Strom in einer Wärmepumpe genutzt werden?

Ein wichtiger Aspekt für den Einsatz von PV-Strom in Wärmepumpensystemen ist die zeitliche Übereinstimmung zwischen Energieertrag und -bedarf. Darüber hinaus ist die Art des Energieeinsatzes wichtig. Hier ist zwischen direkter und zeitverzögerter Nutzung zu unterscheiden.

So ergeben sich drei Varianten, den PV-Strom zu nutzen:

1. Direkte Nutzung des PV-Stroms,
2. Nutzung in Kombination mit einem thermischen Speicher für die Trinkwarmwasserbereitung,
3. Nutzung in Kombination mit elektrischen Speichern.

Infobox I: Vor- und Nachteile thermischer und elektrischer Speicher

Thermische Speicher (nicht PCM-Speicher):

Vorteile: kostengünstig, umweltfreundliche Materialien, lange Haltbarkeit

Nachteile: Wärmeverluste begrenzen Speicherdauer, Speichertemperatur bestimmt mögliche Anwendungen

Elektrische Speicher (Batteriespeicher):

Vorteile: flexible Nutzbarkeit elektrischer Energie, geringe Verluste

Nachteile: Vergleichsweise hohe Kosten, Recycling noch unklar.

Letztlich bleibt noch eine vierte Option für die Nutzung des selbsterzeugten PV-Stroms: Sind die hausinternen Strombedarfe gedeckt und die Speicher vollständig geladen, wird der PV-Strom in das elektrische Netz eingespeist, wofür es eine Einspeisevergütung nach dem EEG gibt.

Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage ist, dass möglichst viel des produzierten PV-Stroms selbst genutzt wird. Hier ist die Wärmepumpe eine sehr gute Option, die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage noch zu verbessern – zumindest sofern der Netzbezug teurer als die Einspeisevergütung ist.

Solarer Deckungsgrad

Für die genannten drei Varianten, den PV-Strom zu nutzen, ergeben sich unterschiedliche Größenordnungen für den im Gebäude durch PV-Strom gedeckten Anteil des Strombedarfs (solarer Deckungsgrad). Auf der Basis wissenschaftlicher Modellrechnungen werden Deckungsgrade abgeschätzt. Die betrachteten Systeme unterscheiden sich dabei hinsichtlich des Anwendungsfalls, der Heizleistung und Effizienz der Wärmepumpe, der Größe der PV-Anlage und elektrischer Speicher sowie hinsichtlich der Betriebstemperatur thermischer Speicher¹.

Der Fokus liegt dabei vor allem auf derzeit wirtschaftlich sinnvollen und daher typischen Anwendungen für Wärmepumpen und PV-Systeme. Nähere Informationen zu den Parametervariation der Modellrechnungen finden sich in der Infobox II.

Wichtig: Die Ergebnisse zu Deckungsgraden sind stark abhängig vom Gebäude, Komponenten des Heizsystems, umgesetzter Regelung und dem Nutzerverhalten. Hier angegebene Werte sind also nur eine Orientierung und sollten im Einzelfall durch eine Fachplanung am individuellen Objekt überprüft werden.

Infobox II: Wärmepumpen und PV-Anlagen - Betrachtete Konfigurationen

Jüngere EFH (WSVO 1996 / Heizwärmebedarf ca. 120 kWh/m²a bis ENEC2016? / Heizwärmebedarf ca. 50 kWh/m²a)

Heizleistung Wärmepumpe: 5 ... 12 kW_{th}
Effizienz Wärmepumpe (JAZ): 2,8 ... 4,2

Leistung PV-Anlage: 3,4 ... 10 kW_p

El. Speicherkapazität: 2 ... 8 kWh_{el}

Therm. Speicherkapazität*: 150 ... 500 l
*Temperaturhub ca. 30K (ca. 5 ... 17 kWh_{th})

HINWEIS: Aktuelle Studien zeigen, dass verfügbare Dachflächen möglichst vollständig zur Energiegewinnung genutzt werden sollten. Die Energiewende erfordert entsprechend auch die Installation wesentlich größerer PV-Anlagen als hier betrachtet. Mehr Informationen dazu in den weiterführenden Informationsquellen.

Welche Deckungsbeiträge können erreicht werden?

In der folgenden Betrachtung werden die Deckungsbeiträge des PV-Stroms für den Haushaltsstrombedarf, die Raumwärme und Trinkwarmwasserbereitung betrachtet. Auch ein kombinierter Deckungsgrad für Haushaltsstrombedarfe und Wärmeanwendungen wird angegeben.

Deckungsgrade für den Kühlbedarf wurden aufgrund einer unzureichenden Datenbasis nicht ermittelt. Jedoch ist davon auszugehen, dass PV-Erträge die Kühlbedarfe in hohem Maße, bei Nutzung von elektrischen Speichern nahezu vollständig decken können.

¹ QUELLEN: PV-Wärme OTTI 2016, WPuQ-Abschlussbericht, Integrate Eurosun Beitrag von Bob 2022 STS-Beitrag von Tjarko Tjaden 2022 Liste folgt

Direkte Nutzung:

Wird der PV-Strom ausschließlich zur Deckung zeitgleicher Bedarfe genutzt, ergeben sich nachfolgende Deckungsgrade (DG):

DG für Haushaltsstrom: ca. 30 %

DG für Raumwärme: 3 ... 10 %

DG für Trinkwarmwasser: 15 ... 20%

DG Kombiniert: 10 ... 20 %.

Kombination mit Trinkwarmwasserspeicher:

Werden PV-Strom-Überschüsse zusätzlich durch einen Trinkwarmwasserspeicher nutzbar gemacht, ergeben sich nachfolgende Deckungsgrade (DG):

DG für Haushaltsstrom: ca. 30 %

DG für Raumwärme: 3 ... 10 %

DG für Trinkwarmwasser: 45 ... 65 %

DG Kombiniert: 15 ... 35 %.

Kombination mit elektrischem Speicher:

Werden PV-Strom-Überschüsse zusätzlich durch einen elektrischen Speicher nutzbar gemacht, ergeben sich schnell deutlich höhere Deckungsgrade. In diesem Anwendungsfall wird auf eine differenzierte Darstellung der Deckungsgrade für Haushaltsstrom, Trinkwarmwasser und Raumheizung verzichtet, um den Einfluss der Speichergröße detaillierter zu betrachten.

Wichtig ist: Bereits kleine elektrische Speicher (z.B. 2 kWh) steigern den Deckungsgrad stark. Deckungsgrade von 25 ... 45 % sind erreichbar. Mit weiterer Erhöhung der elektrischen Speicherkapazität steigt der Deckungsgrad weiter an, jedoch zunehmend weniger stark (degressiv). Daher ist eine sorgsame Abwägung zwischen Autarkie und Wirtschaftlichkeit erforderlich. So ergeben sich bei moderaten Speichergrößen (4 kWh) Deckungsgrade von 30 ... 55 % und bei großen elektrischen Speichern (8 kWh) Deckungsgrade von 33 ... 65 %.

Zwischenfazit: Grundsätzlich können PV-Anlagen also relevante Beiträge zur Deckung der

Energiebedarfe im Einfamilienhaus mit Wärmepumpenanlage leisten. Da eine alleinige Versorgung der Wärmebedarfe mittels lokaler PV-Erträge kaum möglich ist, muss auch die Windkraft eine Rolle für die regenerative Elektrifizierung spielen – wenngleich nicht lokal für ein Einfamilienhaus, sondern mit Blick auf die Stromversorgung durch das öffentliche Netz.

Untersuchungen² zeigen, dass bei abgestimmten Ausbau von Wind und PV ohne elektrische Speicher ca. 65 % Deckungsgrad erreicht werden können. Wird zusätzlich ein elektrischer Speicher eingesetzt sind sogar über 80 % Deckungsgrad durch lokal erzeugte erneuerbare Energie möglich.

Welche Voraussetzungen bestehen?

Um PV-Strom in einem Wärmepumpensystem bestmöglich nutzen zu können, sind einige Aspekte zu berücksichtigen:

Einsatz moderner Wärmepumpen:

Inverter-Wärmepumpen können im modulierenden Betrieb ihre Leistung anpassen. Um aktuelle PV-Erträge bzw. aktuelle PV-Strom-Überschüsse zu ermitteln, ist entweder ein PV-Wechselrichter oder besser noch ein Smart Meter erforderlich. So können Überschüsse der Wärmepumpe zugeführt werden. Zwecks Kommunikation von Wärmepumpe und PV-Wechselrichter/ Smart Meter bestehen verschiedene Möglichkeiten, die sich in ihren Funktionsumfängen unterscheiden.

Smart-Grid Ready – SG Ready:

Das „Smart-Grid Ready“-Label des Bundesverbands Wärmepumpe e.V. definiert Mindestanforderungen an verschiedene Wärmepumpentypen, mittels derer Potenziale zur Lastverschiebung angeboten werden können. Für Heizungswärmepumpen sind dies vier Betriebszustände, die von „EVU-Sperre“ (Wärmepumpenbetrieb für maximal zwei Stunden

² T. Ohrdes, et al. (2020) Wind-Solar-Wärmepumpen-Quartier – Erneuerbar betriebene Wärmepumpen zur Minimierung des Primärenergiebedarfs, In proceedings, Hochschule

gesperrt) bis zum „definitiven Anlaufbefehl“ reichen.

Warmwasser-Wärmepumpen müssen für die thermische Speicherung eine Erhöhung der Solltemperatur mittels automatischer Ansteuerung ermöglichen. Ein Großteil der in Deutschland verkauften Wärmepumpen trägt das „SG-Ready“-Label. Eine quantifizierte Leistungsanforderung durch eine externe Vorgabe der zu liefernden Wärmeleistung kann über diese Schnittstelle allein aber nicht übermittelt werden.

Energiemanagementsysteme – EMS:

Energie Management Systeme verschiedener Anbieter ermöglichen eine übergeordnete Regelung, welche Energieströme und Ladezustände erfasst und die Festlegung darauf basierender Betriebsstrategien erlaubt. In diesen Systemen ist es üblicherweise möglich, eine quantifizierte Anforderung zu übermitteln z.B., um die Wärmepumpe exakt den aktuellen PV-Strom-Überschuss verwenden zu lassen. Wichtig ist, die Kompatibilität aller Komponenten im Auswahlprozess zu prüfen.

Kompetente Planung und Umsetzung:

Für eine effiziente Verbindung von PV-Anlage, Wärmepumpe, thermischer und elektrischer Speicher muss zunächst ein Anlagenkonzept gewählt werden, das festlegt, welche Nutzungsfälle realisiert werden sollen. Anschließend müssen, angepasst für die lokale Wärmeversorgungssituation, Komponenten (Wechselrichter, Wärmepumpe, thermische und elektrische Speicher, EMS, etc.) ausgewählt werden, die über kompatible Schnittstellen verfügen. Nach der hydraulischen und elektrischen Detailplanung kann die Anlage installiert und in Betrieb genommen werden. Im Rahmen der ersten Wartungen sollten geplante und erreichte Leistungsdaten abgeglichen und ggf. Reglereinstellungen optimiert werden.

Das „SG Ready-Label“ für Wärmepumpen im smart Grid – ein kurzer Überblick:

* <https://www.waermepumpe.de/normen-technik/sg-ready/>

Ausbau von PV im Bund und in Niedersachsen:

* Erneuerbare-Energien-Gesetz, in der vom Bundestag am 07.07.2022 beschlossenen Fassung

* Niedersächsisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels in der Fassung vom 05.07.2022

Infobox III: Zusammenfassung

1. Wärmepumpensysteme können lokal erzeugten, erneuerbaren Strom aus PV-Anlagen nutzen – das ist energetisch und wirtschaftlich vorteilhaft
2. Thermische Speicher (besonders in der Warmwasserbereitung) und Batterien erhöhen den Deckungsgrad der PV-Anlage signifikant, aber nicht unbegrenzt → Optimale Dimensionierung entscheidet über Wirtschaftlichkeit
3. Für optimale Ergebnisse sind Kompatibilität der Komponenten, kompetente Planung und Umsetzung sowie Effizienzkontrolle von zentraler Bedeutung

Stand: September 2022

